

Список использованных источников

1. Рыбенко И. А., Мочалов С. П., Мочалов П. С. Методика и система расчета и оптимизации статических стационарных режимов технологических процессов // *Металлургия: технологии, управление, инновации, качество*: тр. XVII Всерос. науч.-практ. конф.; под ред. Е.В. Протопопова: Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2013. – С. 29–32.
2. Рыбенко И. А., Мочалов С. П. Технология моделирования и оптимизации стационарных режимов производственных процессов // *Векторы развития современной науки*: Мат. Международной науч.-практ. конф. Часть II. – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2014. – С. 145–150.

УДК 669.042

А. М. Вохмяков*, М. Д. Казяев*, Д. М. Казяев, М. В. Губинский*****

* ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента Б.Н. Ельцина»,

институт материаловедения и металлургии,

кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»,

г. Екатеринбург, Россия,

** ООО «НПК «УралТермоКомплекс», г. Екатеринбург, Россия,

*** Национальная металлургическая академия Украины,

кафедра промышленной теплоэнергетики, г. Днепропетровск, Украина

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЕЧЕЙ

Аннотация

Разработка и появление новых типов оборудования и материалов расширяет возможности в проектировании агрегатов. Описание одного из типов новых печей приведено в данной статье.

Ключевые слова: печь, горелка, футеровка.

Abstract

Development and the emergence of new types of equipment and materials expands in plant design. Description of a new type of furnace is shown in this article.

Keywords: furnace, burner, liners.

Постоянное развитие науки и техники приводит к появлению широкого спектра оборудования, для решения различных задач, и к появлению материалов, обладающих уникальными свойствами. Такое положение дел позволяет заниматься постоянным обновлением-улучшением конструкций различных промышленных агрегатов и установок.

Применительно к печному хозяйству металлургических и машиностроительных предприятий в последние несколько лет появилось огромное количество концептуально нового оборудования и материалов. Прежде всего существенное влияние на конструкции термиче-

ских и нагревательных печей оказало появление рекуперативных и регенеративных горелок, а также керамоволокнистых огнеупорных материалов.

Внедрение рекуперативных и регенеративных горелок позволяет отказаться от применения общего рекуператора, что, в свою очередь, позволяет повысить энергоэффективность агрегата, повысить точность проведения режимов, уменьшить его габаритные размеры, что особенно актуально для предприятий с плотной цеховой компоновкой и т. д.

Волокнистые огнеупорные и теплоизоляционные материалы появились и начали внедряться еще во второй половине прошлого века, но способ применения и соответственно конечный результат к текущему моменту кардинально поменялся. Для оценки влияния волокнистых материалов на конструкции печей рассмотрим пример: при использовании кирпичной футеровки печей с рабочей температурой 1000–1100 °С толщина стенки достигала 500–700 мм, при этом температура на наружной поверхности печи 70–120 °С. На данный момент существуют материалы, при толщине которых 80–100 мм можно добиться температуры на наружной поверхности не выше 45 °С (при температуре в печи 1000–1100 °С).

Использование современного оборудования и материалов даже по отдельности дает ощутимый результат, а совокупный результат их применения может привести к появлению новой разновидности печи с точки зрения ее конструкции.

В 2009–2010 годах компанией ООО НПК «УралТермоКомплекс» спроектирована и построена камерная печь с выкатным подом площадью 62,8 м².

Футеровка боковых стен и свода печи выполнена по панельной технологии, позволяющая значительно снизить потери тепла в окружающее пространство. Панели выполнены по запатентованной ООО «НПК «УралТермоКомплекс» конструкции и футерованы керамоволокнистыми матами с 2,5 кратным уплотнением, по принципу Z-схемы.

Система отопления печи состоит из 30 скоростных горелок «Ecomax 5M» производства фирмы «Kromschroder» единичной тепловой мощностью 250 кВт, работающих в импульсном режиме, расположенных в два ряда по высоте на боковых стенах в шахматном порядке. Особенностью данной системы отопления печи является то, что она обеспечивает не только режим нагрева, но и режим охлаждения без применения дополнительных устройств.

Отличительной особенностью рассматриваемой печи является то, что при необходимости уменьшения объема рабочего пространства печи, в связи с малой садкой, на поду печи устанавливается съемная перегородка, которая разделяет рабочее пространство печи на две камеры длиной 6 м и 12,6 м. Перегородка устанавливается в специальное углубление, расположенное в кладке пода и закрепляется с помощью специальных стоек. При необходимости обработки длинномерных изделий перегородка снимается, а образовавшаяся на поду пустота заполняется специальной вставкой.

Печь условно разделена на пять виртуальных зон теплового регулирования и оборудована АСУ ТП, которая обеспечивает безопасную эксплуатацию и ведение заданного температурного режима нагрева садки.

В системе автоматического регулирования, реализованной на базе программируемого контроллера Siemens, предусмотрено регулирование температуры 5 виртуальных зон за счет изменения частоты включения и выключения горелок. Также система позволяет автоматическое тестирование работы горелок.

В систему автоматического управления включена визуализация, позволяющая осуществлять контроль за работой сопутствующего оборудования, и отображающая на панели оператора технологические параметры и режимы работы печи.

Общая характеристика печи представлена в табл. 1.

Продольный разрез печи показан на рис. 1.

При пуске печи проведены гарантийные испытания, в ходе которых также осуществлен режим термообработки в одной из камер печи с целью определения ее работоспособности при неработающей другой камере.

Таблица 1

Общая характеристика печи

Наименование параметра	Значение параметра
Тип печи	Камерная термическая
Размеры рабочего пространства печи, мм: длина – ширина – высота	19000 – 4000 – 4100
Режим работы	Периодический
Масса садки (максимальная), т	95
Температура нагрева металла (максимальная), °С	1120
Максимальная скорость нагрева садки, °С/ч	150
Футеровочный материал	МКРВ-200
Топливо и его теплота сгорания, Q_n^P , кДж/м ³	Природный газ, 33100
Тип горелок	Рекуперативные, скоростные «Еcomax 5MB695»
Количество горелок	30
Расход газа на печь (max), м ³ /ч	753
Расход воздуха на горение (max), м ³ /ч	6935
Расход воздуха на эжекцию (max), м ³ /ч	11790
Количество зон теплового регулирования, шт	5

Перед проведением испытания установили четыре контрольные термопары (см. рис. 2), расположенные в различных точках садки.

Испытание печи проводили по следующему режиму:

- подъем температуры до 735 °С со скоростью 100 °С/ч;
- выдержка при данной температуре 3,5 ч;
- охлаждение в печи до температуры 350 °С, дальнейшее охлаждение на открытом воздухе.

В ходе испытания производилась регистрация температуры рабочего пространства печи по стационарным и контрольным термопарам.

При проведении режима термообработки установлено:

- действительная температура в рабочем пространстве печи в конце режима – 735±3 °С;
- конечная температура металла – 735±1,5 °С;
- температура в рабочем пространстве неработающей части печи – 35–40 °С.

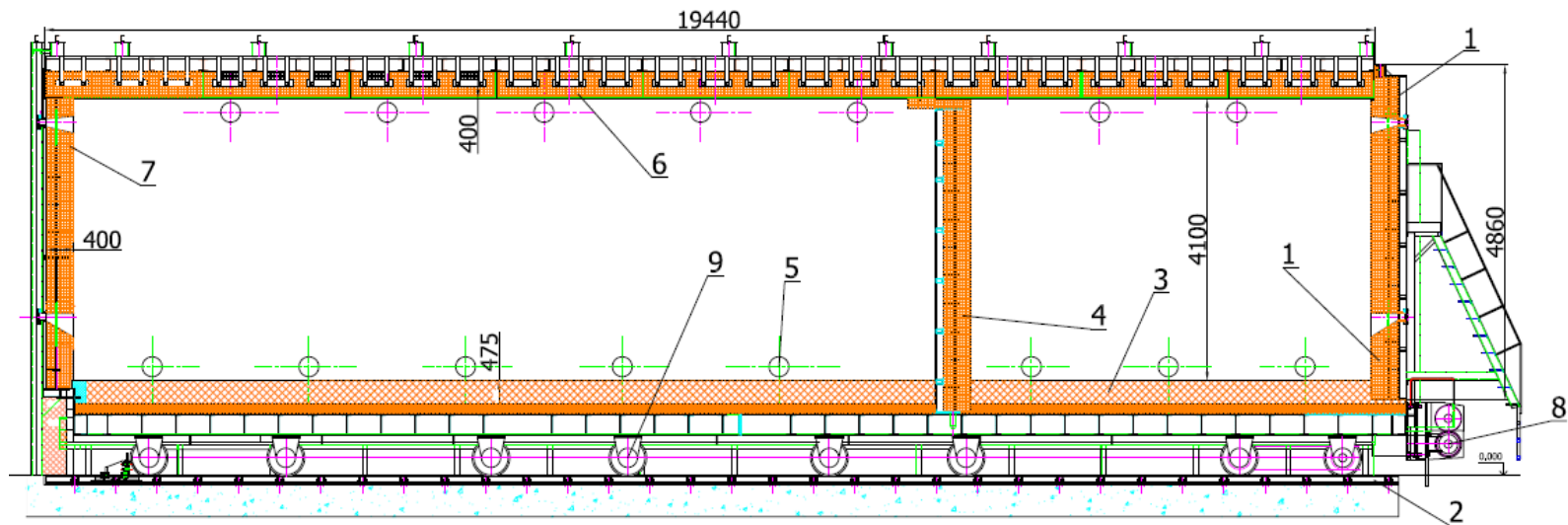


Рис. 1. Продольный разрез печи: 1 – парапет; 2 – рельсовый путь; 3 – выкатной под печи; 4 – съемная перегородка; 5 – горелка Есотех 5М; 6 – сводовая панель; 7 – торцевая панель футеровки печи (торец); 8 – мотор-редуктор; 9 – ходовая часть пода.

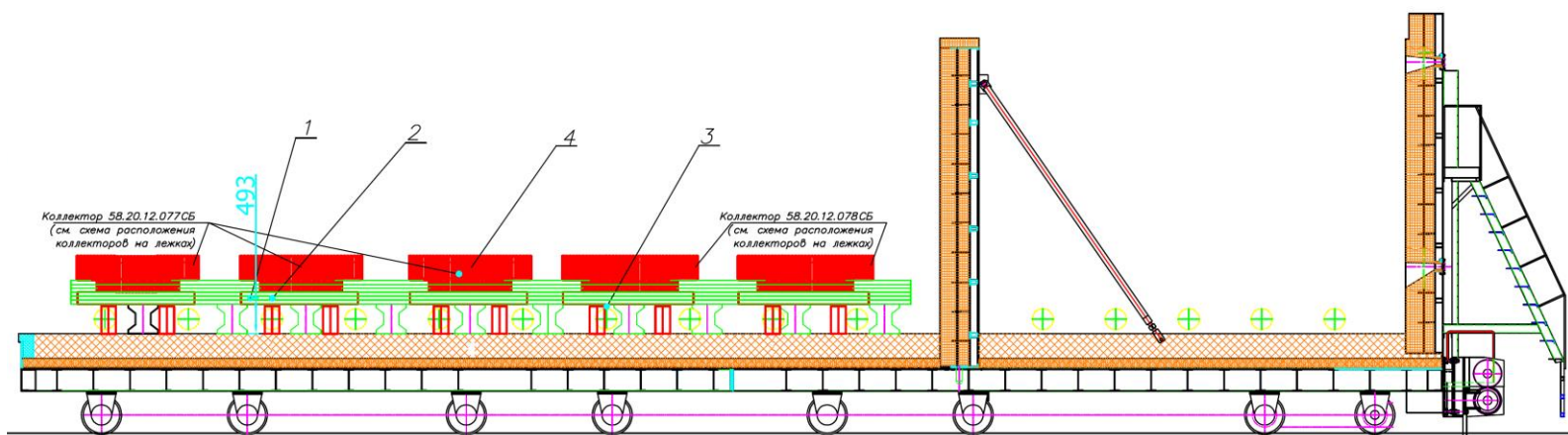


Рис. 2. Схема формирования садки и установки контрольных образцов с закладными термопарами: 1...4 – номера закладных термопар

Резюме

1. В ходе проведения испытания печи с перегородкой при нагреве садки выявлено, что перепад температур по стационарным термопарам не превысил $\pm 3^\circ \text{C}$, окончательное отклонение фактической температуры нагрева металла от необходимой составило $-0,9^\circ \text{C}$.

2. При проведении режима термообработки на 2/3 печи температура рабочего пространства 1/3 печи не превысила 40°C , т.е. перегородка обеспечивает герметичное разделение рабочего пространства печи.

3. Компоновка системы отопления печи позволяет производить не только нагрев металла, но и его принудительное охлаждение с регулируемой скоростью. Данная особенность системы отопления печи может быть реализована на любом типе термической печи, что в конечном итоге позволяет сократить длительность технологического режима и повысить качество охлаждения металла (равномерность и регулируемая скорость охлаждения).

4. Автоматическая система управления тепловым режимом печи поддерживает равномерное распределение температуры в рабочем пространстве теплового агрегата, что подтверждает правильность выбора мощности топливосжигающих устройств и их расположения.

В табл. 2 приведены показатели работы печи при проведении режимных испытаний.

Таблица 2

Показатели работы печи при проведении режимных испытаний

№	Параметры	Значение			
		Проектный	I	II	III
1	Номер режима				
2	Размеры рабочего пространства печи, мм: длина – ширина – высота	19000 – 4000 – 4100			12600 – 4000 – 4100
3	Масса садки, т	95	24,1	9,6	2,95
4	Масса приспособлений, т	5	28,8	28,8	24
5	Температура нагрева металла, $^\circ \text{C}$	1150	720	720	735
6	Средняя скорость подъема температуры, $^\circ \text{C}/\text{ч}$	150	72	72	100
7	Топливо и его теплота сгорания, Q_n^p , $\text{кДж}/\text{м}^3$	Природный газ, 33100			
8	Расход газа на печь, $\text{м}^3/\text{ч}$	753 (max)	143	139,5	119
9	Давление природного газа перед печью, кПа	16,0	10,5 – 11,0		
10	Давление природного газа перед горелками, кПа	6,5	2,64 – 3,0		
11	Расход воздуха на горение, $\text{м}^3/\text{ч}$	6935	1557	1367	1166
12	Расход воздуха на эжекцию продуктов горения, $\text{м}^3/\text{ч}$	11790	2647	2324	1982
13	Давление воздуха перед печью, кПа	17,5	8,5 – 9,0		
14	Давление воздуха перед горелкой, кПа	12,0	7,89 – 8,65		
15	Разрежение перед дымососом, кПа	3,05	1,85 – 2,0		
17	Удельный расход условного топлива, кг у т/т	64,31	37,61	50,36	51,05